

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 2 (2025)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/NRPL3020>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/QHDO7813>

**М. С. Исатаев¹, Б. Ж. Бектібай², Б. Т. Әмір³,
*Н. Т. Әуезхан⁴**

^{1,2,3,4}Казахский Национальный университет имени аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8248-670X>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6411-8049>

³ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6072-3935>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0061-2178>

*e-mail: auezkhan_nurkeldi2@kaznu.edu.kz

МЕХАНИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОТВОДА КРЫЛЬЕВ ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВОГО ВЕТРОДВИГАТЕЛЯ ОТ НЕЭФФЕКТИВНОЙ ЗОНЫ

В данной статье рассматриваются новая технологическое решение конструкции с механическим отводящим механизмом от не эффективной зоны при вращениях крыльев вертикально- осевого ветродвигателя. Основная цель исследования – создание простой конструкций решающей повышение КПД с обгоняющим механизмом расположений крыльев ветродвигателя относительно друг друга с учетом простоты изготовления с анализом технологичности учитывающий снижение технологической себестоимости. Исследование новой конструкций для отводящего механизма было проведено патентный анализ зарубежных и отечественных схожих систем отведения крыльев ветродвигателя относительно друг от друга. Результаты конструкций обгоняющего механизма показывают, что изменение крыльев относительно друг друга на 30 градусов показывает, что скорость воздушного потока значительно влияет на тяговую силу и скорость вращения ветроколеса. В ходе применение обгоняющего механизма установлено, что максимальная тяговая сила достигается за счет отведение от ветровой теней крыла, находящегося в одной линии рядом расположенного крыла ветродвигателя. Предлагаемая конструкция может быть использованы для дальнейшего проектирования более эффективных ветроустановок, обладающих улучшенными аэродинамическими

характеристиками. Данная конструкция также подчеркивает значимость оптимизации конструкции ветродвигателя для достижения большей производительности и простоты изготовления с низкой технологической себестоимости.

Ключевые слова: энергия ветра, ветротурбина вертикально-осевого типа, отводящий механизм, защита, конструкция

Введение

В настоящее время обеспечение электроэнергией населения отдаленных, труднодоступных и небольших поселков, селений и аулов в Казахстане является трудной и сложной задачей. Объясняется это тем, что в связи с переходом на рыночные отношения, снабжение таких населенных пунктов электроэнергией из централизованной сети становится экономически не выгодным. Установка и эксплуатация линий электропередачи (ЛЭП) для таких потребителей слишком дорога и не окупается [1]. Получение электроэнергии с помощью автономных дизельных, бензиновых генераторов также имеет ряд сложностей, основная из которых высокая стоимость дизельного и бензинового топлива и его подвоза к потребителю.

Вопросы развития ветроэнергетики активно обсуждаются как в Казахстане, так и за рубежом. В связи с создавшейся ситуацией в последнее время вновь появился интерес к нетрадиционным источникам электроэнергии. Одним из наиболее перспективных из них, является ветроэнергетика [2, с. 23].

Территория многих районов Казахстана является ветровой. Одним из ключевых достоинств ветроэнергетических установок (ВЭУ) является преобразование кинетической энергии воздушных потоков в электричество. Они функционируют без необходимости подачи внешних энергоносителей, отличаются простой конструкцией, высокой надежностью и отсутствием негативного воздействия на окружающую среду. Основными недостатками ВЭУ являются: сложность создания сверхкрупных ВЭУ с мощностью более 1000 кВт, получение электроэнергии с нестабильными характеристиками, что объясняется непостоянством силы и направления ветра [3, с. 1088–1090]. Такая энергия без преобразования годится только для электроподогревателей. Несмотря на эти недостатки разработка ВЭУ, особенно небольшой мощности во всем мире является задачей перспективной. В частности, в обзоре [4, с. 1128] отмечают, что вертикально-осевые установки более устойчивы к переменному ветру, чем горизонтальные аналоги.

14 декабря 2012 года, во время своего обращения казахскому народу, Президент Республики Казахстан Н. А. Назарбаев отметил, что государству необходимо развивать альтернативные источники энергии и активно интегрировать технологии с использованием солнечной и ветровой энергии.

Одним из приоритетных направлений развития электроэнергетики и решения экологических проблем Казахстана в настоящее время является использование возобновляемых источников энергии и реализация программ энергосбережения и ресурсосбережения [5].

На сегодняшний день ни у кого не вызывает сомнений, что энергетика в сельском хозяйстве (теплицы, фермерские хозяйства) нуждается в частичном переходе на альтернативные источники энергии, что способствует энергосбережению и поможет решить вопросы с перебоями в электропитании, а также экологические проблемы различного характера.

Материалы и методы

Основной недостаток многих ВЭУ с вертикальной осью вращения ротора сложность механической обработки длинного вала и его вертикальный монтаж в подшипниковых опорах. Изготовление опор также сложная технологическая задача, требуется обеспечить соосность опор и их жесткость. Также недостатком конструкции является большая масса вала, которая давит на нижнюю вращательную опору, создает большой момент трения, который уменьшает коэффициент полезного действия [6].

Изготовление и установка такого вала представляют собой сложную инженерную задачу. Одним из решений является модульный подход, при котором установка создаётся из нескольких отдельных модулей, которые затем собираются в единую конструкцию непосредственно на месте монтажа.

Предлагается другой способ решения этой сложной технологической задачи. Отказаться от длинного вращающегося вала и заменить его на два коаксиальный вал, благодаря этому автономно будут вращаться четыре подшипника с прикрепленному к ним ветровому колесу. Использование предложенной конструкции ветроустановки способствует упрощению технологии её изготовления. Одним из ключевых преимуществ данной схемы является наличие неподвижной жёсткой опоры, устанавливаемой на основание. Важным условием при этом остаётся обеспечение соосности в местах крепления. При таком подходе расстояние между подшипниками может быть в несколько раз меньше высоты опоры. В новой конструкции вращаются вал внутри жесткой относительно короткого корпуса длиной 0,6 м. Несоосность подшипников также может иметь достаточно большие значение 1–2 мм. Эта погрешность будет нивелироваться за счёт упругих и гибких свойств самой конструкции лопастей.

Для вала не требуется высокие конструктивные требования, так как вал не имеет оригинальные поверхности. Все эти факторы позволяют упростить технологию изготовления ветродвигателя предложенной конструкции примерно на 25–30 %. Важно отметить, что одной из ключевых проблем, ограничивающих широкое применение роторных ветроустановок, является

необходимость использования длинного вертикального вала [7, с. 1927–1930]. В то же время укороченная конструкция с полым внутренним валом обладает значительно меньшей массой, что снижает нагрузку на нижнюю вращательную опору и, соответственно, уменьшает момент трения. Это, в свою очередь, способствует повышению КПД установки. Предложенное конструктивное решение может быть адаптировано для различных схем ветроустановок с вертикальной осью вращения ротора, таких как схемы Савониуса, Дарье, Эванса, Масгрува, карусельная и другие [8, с. 51–53].

Ветреная установка с укороченной конструкции с точки зрения технологичности имеет ряд преимуществ, так как конструкция ориентирована на изготовления небольших цехов, что дает снижение технологической себестоимости. В данной конструкции также имеет преимущество для транспортировки в удаленные территории Казахстана для применения фермерских хозяйств и малого бизнеса. Сборочная конструкция состоит из деталей, состоящих из стандартных формообразующих поверхностей, не имеющих оригинальных поверхностей. Это доказывает практичность в технологии изготовления и сборки данной конструкции. На основной установочный каркас устанавливается корпус привода, корпус в сборе. На установочный каркас в сборе устанавливается ротор в сборе. Соединение ротора с наружным и внутренним валом осуществляется с помощью ременной передачи. Все в сборе может монтироваться на опорах различной конструкции и высоты.

Конструкция лопастей и махов ветряной установки имеют соединительные рамы жесткости, имеющие металлическую конструкцию, обеспечивающую жесткость конструкции. Корпус лопастей и махов изготавливается из полимерного материала, который устанавливается на металлическую конструкцию рамы жесткости.

Корпус привода изготавливают из стандартной толстостенной трубы из стали СТ 3. Нижней части укороченного корпуса наварили установочную опору и заваривают косыгу с четырех сторон симметрично. Наружный и внутренний вал изготавливают из стандартной толстостенной трубы из стали 40Х, так как вал не имеет по конструкции оригинальных поверхностей, можно считать технологично. В данной конструкции применяется стандартные подшипники. Шкивы наружного и внутреннего вала посажены на шпоночный паз и зафиксированы специальной гайкой. Между шкивами расположены соединительные фланцы, которые обеспечивают изготовление с опережением крутящего момента лопастей на 30 градусов. Обгоняющий механизм сцепления, передающий крутящий момент внутреннего и наружного вала на генератор, обеспечивает разницу расположения крыльев наружного и внутреннего вала, выполненные в виде шлицов, закрепленных параллельно

между шкивами, позволяющий вращение с одинаковой и постоянной угловой скоростью $\dot{\omega}$.

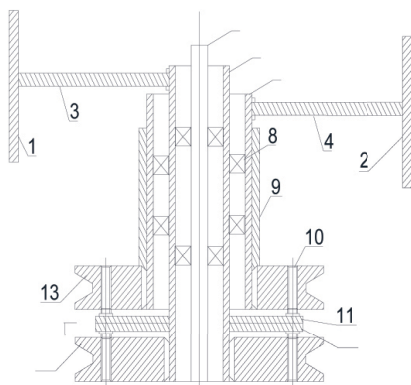
Новизна заключается в том, что конструкции ветродвигателя с двумя коаксиально расположенными валами вращения, отделенными друг от друга опорными подшипниками, допускающими возможность автономного вращения каждого из них относительно оси расположения на 30 градусов, при этом на каждом из валов закреплены махи, соединенные с рабочими лопастями, махи выполнены в виде двух полумахов, соединенных друг с другом под углом 90 градуса, причем махи и лопасти ветродвигателя представляет собой симметричные крыловые профили NASA 0021. Применение симметричных профилей, таких как NASA 0021, также рассматривалось в работах [9]; [10], где подтверждена их эффективность в условиях нестабильного ветрового потока.

Известен ветродвигатель Бидарье, включающий круглую башню, поддерживающую установку в вертикальном положении, ветроэнергетическую установку (ВЭУ) карусельного типа, расположенную на верхнем торце башни, включающую два вертикальных концентрично установленных вала вращения, отделенных друг от друга опорными подшипниками для центрирования, на каждом из валов установлены прямолинейные махи, соединенные с рабочими лопастями, при этом валы установлены с возможностью вращения, как согласованного в одну и ту же сторону, так и в противоположные стороны, при этом в случае вращения валов в одну и ту же сторону пара рабочих лопастей каждого вала постоянно развернута относительно другой на $90^\circ \pm 5$ с помощью механическим соединительным фланцем расположенного между шкивами обеспечивающий разницу обгона махов крыла на 30 градусов по нагоняющей направлений. В процессе вращения турбины центральный вал, оснащённый полумахами и рабочими лопастями, охватывает свою ометаемую площадь и передаёт суммарный вращательный момент электрогенератору. При этом второй полумах с расположенными на противоположной стороне рабочими лопастями, соединённый с наружным валом, передаёт свой вращательный момент второму генератору.

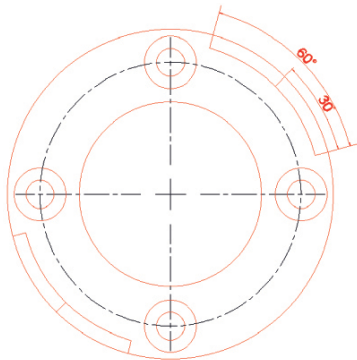
Таким образом, каждая из двух рабочих лопастей, используя полумахи, вращается самостоятельно по своей ометаемой площади, которая представляет собой кольцевую поверхность с диаметром, равным размеру ветротурбины, и шириной, соответствующей длине рабочих лопастей. Г-образные махи с лопастями 1 и 3 связанные с внутренним валом балансируются с лопастями 2 и 4 связанные с наружным валом. Соответственно, лопасти 2 и 4 вместе с полумахом вращают наружный вал, охватывая такую же ометаемую площадь, как и лопасти 1 и 3, связанные с внутренним валом.

В результате общая ометаемая площадь увеличивается в 2 раза, чем у обычного Дарье.

Принцип работы предлагаемого механического способа отвода лопастей отражен на рисунке 1: за счет взаимодействия двух коаксиальных валов с обгоняющим механизмом обеспечивается автономное вращение махов и смещение лопастей от неэффективной зоны ветрового потока.



Сечение А-А



- 1 – лопасти внутреннего вала, 2 – лопасти наружного вала,
 3 – махи внутреннего вала, 4 – махи наружного вала, 5 – внутренний вал,
 6 – наружный вал, 7 – корпус ветродвигателя, 8 – подшипник наружного
 вала, 9 – подшипник внутреннего вала, 10 – болты, 11 – соединительный
 фланец наружного вала, 12 – соединительный фланец внутреннего,
 13 – шкив наружного вала, 14 – шкив внутреннего вала.

Рисунок 1 – Предлагаемый механический способ отвода лопастей

Обеспечение свободного хода на определенный градус при вращении одного из валов (свободный ход от 0° до 30°) создается момент инерции, который с помощью механизма сцепления передается на второй вал, что позволяет отводить лопасти от неэффективной зоны ветрового потока и ускорить быстрый набор стартовой скорости турбине.

Результаты и обсуждения

Результаты теоретического расчета показали, что предлагаемая турбина значительно повышает коэффициент использования энергии ветра, так как на один вал передают суммарный вращательный момент две рабочие лопасти 1 и 3 отстоящие друг от друга на 90° . Аналогичным образом действуют лопасти 2 и 4 на наружный вал вращения. На рисунке 2 показан график распределения ветрового потока где можно увидеть отвод крылового профиля от неэффективной зоны в ветровом потоке.

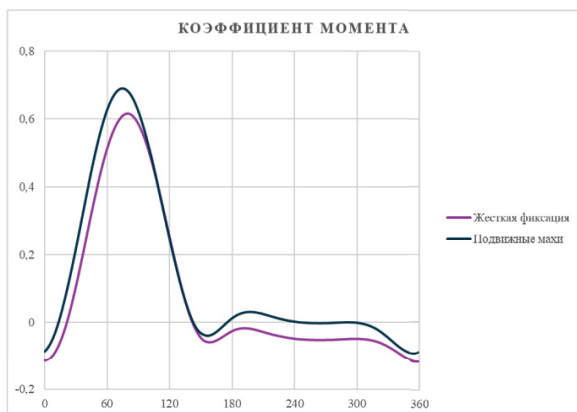


Рисунок 2 – Зависимость распределения крутящего момента турбины от угла поворота

Расчет численного моделирование аэродинамики вращающейся ветротурбины получено при помощи программного обеспечения Ansys Fluent, которая позволяет с точностью прогнозировать нестационарный воздушный поток вокруг лопастей турбины. Как видно из рис.2 использование подвижных махов помогает улучшить крутящий момент на 17 % когда лопасть находится в подветренной стороне ($45^\circ < \theta < 90^\circ$), где вырабатывается наибольший крутящий момент за счет передачи суммарного момента на лопасти движущиеся по ветру. Так же следует отметить, что в

навстречной стороне ($215^\circ < \theta < 270^\circ$) крутящий момент ветротурбины с подвижными махами принимает положительные значения, когда как жестко зафиксированные махи в данном регионе имеют отрицательный крутящий момент. Данный эффект соответствует выводам Li и соавторов [11, с. 4370–1374], которые показали рост момента при применении подвижных лопастей. Также аналогичное поведение отмечено в ранних экспериментах El-Askary [12, с. 120–122].

В результате суммарная подъемная сила нигде не обращается в нуль. Когда лопасть 1 проходит через точку 0° (360°) связанная с Г-образным махом лопасть 3 будет находиться на точке 270° , т. е. вследствие Г-образности маха за лопастью 1 будет следовать лопасть 2 с отставанием на 90° . Поэтому при увеличении подъемной силы и угла атаки, например, у лопасти 1 вращательное воздействие на центральный вал налагается уменьшающаяся от максимального значения подъемная сила лопасти 3. Вследствие этого в любой точке окружности вращения лопастей суммарная подъемная сила (R_L) от двух лопастей 1 и 3 будет воздействовать на центральный вал непрерывно. Иначе говоря, будут отсутствовать точки, где вращательный момент, действующий на вал, обращается в нуль. Аналогичным образом лопасти 2 и 4 передают вращательный момент второму наружному валу.

Конструкция ветродвигателя разработана с акцентом на повышение технологичности и снижение себестоимости изготовления. Для этого:

- использованы стандартные материалы и типоразмеры, обеспечивающие взаимозаменяемость деталей;
- конструктивные формы деталей упрощены для обработки на обычных станках без применения сложных приспособлений;
- снижена масса и упрощена сборка за счет рационального расчленения конструкции на модули;
- выбраны заготовки, максимально приближенные к окончательным размерам изделий, что позволило минимизировать объем механической обработки;
- конструкция спроектирована с учетом доступности поверхностей для обработки, контроля и испытаний без необходимости пригонки и доработки;
- предусмотрена возможность изготовления в небольших цехах с использованием типового оборудования;
- применены унифицированные и стандартные сборочные оснастки и инструменты.

Такой подход позволил упростить производство, обеспечить доступность контроля качества и добиться снижения технологической себестоимости на 20–30 %.

Информация о финансировании

Работа проводилась при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант №АР23487726 «Проектирование и изготовление полупромышленной ветряной турбины мощностью 5 кВт уникальной конструкции»).

Выводы

1 Разработан новый механический способ отвода лопастей ветродвигателя от неэффективной зоны ветрового потока путем применения двух коаксиальных валов с автономным вращением махов, что позволяет стабилизировать крутящий момент даже при изменении направления ветра.

2 Получены результаты расчета обгоняющего механизма соединительного фланца показала зависимость обгоняющих махов крыла позволило улучшить крутящий момент на 17 % когда лопасть находится в подветренной стороне ($45^\circ < \theta < 90^\circ$)

3 Предложено система конструкций имеющую конкурентоспособную технологическую себестоимость от рыночной цены Республики Казахстан на 20–30 %.

4 Предлагается методика проведения анализа на технологичность хотя и проста, однако применима лишь для ориентировочной определения технологичности конструкций. В общем же случае конечный результат технологичности конструкции должна быть направлено на снижение технологической себестоимости изделия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Почему растут тарифы на электроэнергию в Казахстане [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://exclusive.kz/expertiza/obshhestvo/124010/> (Дата обращения: 01.04.2025).

2 Manwell, J. F., McGowan, J. G., Rogers, A. L. Wind energy explained : theory, design and application. – John Wiley & Sons, 2010. – <https://doi.org/10.1002/9781119994367>.

3 Islam, M., Ting, D. S. K., Fartaj, A. Aerodynamic models for Darrieus-type straight-bladed vertical axis wind turbines //Renewable and sustainable energy reviews. – 2008. – Vol. 12. – №. 4. – P. 1087–1109. – <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.10.023>.

4 Herbert, G. M. J. et al. A review of wind energy technologies //Renewable and sustainable energy Reviews. – 2007. – Vol. 11. – №. 6. – P. 1117–1145. – <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.08.004>.

5 Послание Президента Республики Казахстан – Лидера нации Нурсултана Назарбаева народу Казахстана «Стратегия «Казахстан-2050»:

новый политический курс состоявшегося государства» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.akorda.kz/ru/events/astana_kazakhstan/participation_in_events/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-lidera-nacii-nursultana-nazarbaeva-narodu-kazahstana-strategiya-kazahstan-2050-novyi-politicheskii- (Дата обращения: 29.03.2025).

6 ГОСТ Р 57944–2017. Единая система технологической подготовки производства. Правила выбора показателей технологичности конструкции изделий космической техники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200157579> (Дата обращения: 29.03.2025).

7 **Bhutta, M. M. A. et al.** Vertical axis wind turbine–A review of various configurations and design techniques //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – Vol. 16. – №. 4. – P. 1926–1939. – <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.12.004>.

8 **Tjiu, W. et al.** Darrieus vertical axis wind turbine for power generation I: Assessment of Darrieus VAWT configurations //Renewable energy. – 2015. – Vol. 75. – P. 50–67. – <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.09.038>.

9 **Raj, A. et al.** CFD Analysis of a Straight Bladed Darrieus Vertical Axis Wind Turbine Using NACA 0021 Aerofoil //Innovations in Sustainable Energy and Technology: Proceedings of ISET 2020. – Springer Singapore, 2021. – P. 69–80. – https://doi.org/10.1007/978-981-16-1119-3_6.

10 **Mukhopadhyay, A. et al.** A Review on the Effect of Different Performance Parameters of H-Darrieus Turbines //International Conference on Futuristic Advancements in Materials, Manufacturing and Thermal Sciences. – Singapore: Springer Nature Singapore, 2024. – P. 195-204. – https://doi.org/10.1007/978-981-97-4500-5_14.

11 **Li, Y. et al.** A review on numerical simulation based on CFD technology of aerodynamic characteristics of straight-bladed vertical axis wind turbines // Energy Reports. – 2023. – Vol. 9. – P. 4360–4379. – <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.03.082>.

12 **El-Askary, W. A. et al.** Improving performance of H-Type NACA 0021 Darrieus rotor using leading-edge stationary/rotating microcylinders: Numerical studies //Energy Conversion and Management. – 2023. – Vol. 292. – P. 117398. – <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117398>.

REFERENCES

1 **Pochemu rastut tariffy na elektroenergiyu v Kazakhstane** [Why electricity tariffs are rising in Kazakhstan]. Exclusive.kz. 2024. [Electronic resource]. – <https://exclusive.kz/expertiza/obshhestvo/124010/> (Date of access : 01.04.2025).

2 **Manwell, J. F., McGowan, J. G., Rogers, A. L.** Wind energy explained : theory, design and application. – John Wiley & Sons, 2010. – <https://doi.org/10.1002/9781119994367>.

3 **Islam, M., Ting, D. S. K., Fartaj, A.** Aerodynamic models for Darrieus-type straight-bladed vertical axis wind turbines //Renewable and sustainable energy reviews. – 2008. – Vol. 12. – №. 4. – P. 1087–1109. – <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.10.023>.

4 **Herbert, G. M. J. et al.** A review of wind energy technologies //Renewable and sustainable energy Reviews. – 2007. – Vol. 11. – №. 6. – P. 1117–1145. – <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.08.004>.

5 Послание Президента Республики Казахстан – Лидера нации Nursultana Nazarbaeva народу Казахстана «Strategiya ‘Kazakhstan–2050’: novyi politicheskii kurs sostoyavshegosya gosudarstva» [Message of the President of the Republic of Kazakhstan – Leader of the Nation Nursultan Nazarbayev to the People of Kazakhstan «Kazakhstan-2050 Strategy: A New Political Course of the Established State»]. Astana, 2012. [Electronic resource]. – https://www.akorda.kz/ru/events/astana_kazakhstan/participation_in_events/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-lidera-nacii-nursultana-nazarbaeva-narodu-kazahstana-strategiya-kazahstan-2050-novyi-politicheskii- (Date of access : 29.03.2025).

6 GOST R 57944–2017. Edinaya sistema tekhnologicheskoi podgotovki proizvodstva. Pravila vyibora pokazatelei tekhnologichnosti konstruksii izdelii kosmicheskoi tekhniki [Unified system of technological production preparation. Rules for selecting technological efficiency indicators for space engineering products]. 2017. [Electronic resource]. – <https://docs.cntd.ru/document/1200157579> (Date of access : 29.03.2025).

7 **Bhutta, M. M. A. et al.** Vertical axis wind turbine–A review of various configurations and design techniques //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – Vol. 16. – №. 4. – P. 1926–1939. – <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.12.004>.

8 **Tjiu, W. et al.** Darrieus vertical axis wind turbine for power generation I: Assessment of Darrieus VAWT configurations //Renewable energy. – 2015. – Vol. 75. – P. 50–67. – <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.09.038>.

9 **Raj, A. et al.** CFD Analysis of a Straight Bladed Darrieus Vertical Axis Wind Turbine Using NACA 0021 Aerofoil //Innovations in Sustainable Energy and Technology: Proceedings of ISET 2020. – Springer Singapore, 2021. – P. 69–80. – https://doi.org/10.1007/978-981-16-1119-3_6.

10 **Mukhopadhyay, A. et al.** A Review on the Effect of Different Performance Parameters of H-Darrieus Turbines //International Conference on Futuristic Advancements in Materials, Manufacturing and Thermal Sciences. – Singapore:

Springer Nature Singapore, 2024. – P. 195-204. – https://doi.org/10.1007/978-981-97-4500-5_14.

11 Li, Y. et al. A review on numerical simulation based on CFD technology of aerodynamic characteristics of straight-bladed vertical axis wind turbines // Energy Reports. – 2023. – Vol. 9. – P. 4360–4379. – <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.03.082>.

12 El-Askary, W. A. et al. Improving performance of H-Type NACA 0021 Darrieus rotor using leading-edge stationary/rotating microcylinders: Numerical studies //Energy Conversion and Management. – 2023. – Vol. 292. – P. 117398. – <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117398>.

Поступило в редакцию 06.03.25.

Поступило с исправлениями 29.04.25.

Принято в печать 03.06.25.

М. С. Исатаев¹, Б. Ж. Бектібай², Б. Т. Әмір³, *Н. Т. Әуезхан⁴

^{1,2,3,4}Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті,

Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

06.03.25 ж. баспаға түсті.

29.04.25 ж. түзетулерімен түсті.

03.06.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

ТИІМСІЗ АЙМАҚТАН ТІК ОСЫТІ ЖЕЛ ТУРБИНАСЫНЫҢ ҚАНАТТАРЫН ШЫҒАРУДЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ӘДІСІ

Бұл мақалада тік осьті жел турбинасының қанаттарының айналуы кезінде тиімсіз аймақтан механикалық алып тастау механизмі бар жаңа технологиялық жобалық шешім қарастырылады. Зерттеудің негізгі мақсаты – жел турбинасының қанаттарын бір-біріне қатысты орналастыру үшін тиімділікті арттыруға мүмкіндік беретін қарапайым конструкцияны құру, өндірістің қарапайымдылығын ескере отырып, технологиялық шығындарды азайтуды ескере отырып, өндіруге қабілеттілікті талдау. шығындар. Тарту механизмінің жаңа конструкцияларын зерттеу бір-біріне қатысты жел турбинасының қанаттарын тартудың шетелдік және отандық ұқсас жүйелерінің патенттік талдауы арқылы жүзеге асырылды. Басып озу механизмдерінің конструкцияларының нәтижелері қанатты бір-біріне қатысты 30 градусқа өзгерту ауа ағынының жылдамдығының тарту күші мен жел дөңгелегі айналу жылдамдығына айтарлықтай әсер ететінін

көрсетеді. Басып озу механизмін қолдану кезінде максималды тарту күшіне жел турбины іргелес қанатымен бір сызықта орналасқан жел көлеңкесінен қанаттың алысқа жылжытылуы арқылы қол жеткізілетіні анықталды. Ұсынылған конструкция аэродинамикалық сипаттамалары жақсартылған тиімдірек жел турбиналарын одан әрі жобалау үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл конструкция сонымен қатар төмен технологиялық шығындармен жоғары өнімділікке және өндірістің қарапайымдылығына қол жеткізу үшін жел турбины конструкциясын оңтайландырудың маңыздылығын көрсетеді.

Кілтті сөздер: жел энергиясы, тік осьтік (карусель) типті жел турбины, жою механизмі, қорғаныс, конструкция.

*M. S. Isataev¹, B. Z. Bektibay², B. T. Amir³, *N. T. Auyezkhan⁴*

^{1,2,3,4}al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty.

Received 06.03.25.

Received in revised form 29.04.25.

Accepted for publication 03.06.25.

MECHANICAL METHOD OF MOVING THE WINGS OF A VERTICAL-AXIS WIND TURBINE AWAY FROM THE INEFFICIENT ZONE

This article discusses a new technological solution for a design with a mechanical diverting mechanism from an ineffective zone during rotation of the wings of a vertical-axis wind turbine. The main objective of the study is to create a simple design that decisively increases the efficiency with an overtaking mechanism for the arrangement of the wings of a wind turbine relative to each other; taking into account the simplicity of manufacturing with an analysis of manufacturability taking into account the reduction of technological cost. A study of new designs for the diverting mechanism was carried out by a patent analysis of foreign and domestic similar systems for diverting the wings of a wind turbine relative to each other. The results of the designs of the overtaking mechanism show that changing the wings relative to each other by 30 degrees shows that the air flow speed significantly affects the traction force and the rotation speed of the wind wheel. During the application of the overtaking mechanism, it was found that the maximum traction force is achieved by diverting the wing located in the same line from the wind shadow of the adjacent wing of the wind turbine. The proposed design can be used for further design of more

efficient wind turbines with improved aerodynamic characteristics. This design also emphasizes the importance of optimizing the wind turbine design to achieve greater productivity and ease of manufacture with low manufacturing costs.

Keywords: wind energy, vertical-axis (carousel) wind turbine, diverter mechanism, protection, design.

Теруге 09.06.2025 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 25,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4417

Сдано в набор 09.06.2025 г. Подписано в печать 30.06.2025 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 25,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4417

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

Е-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz